

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-195255

(43)Date of publication of application : 10.07.2002

(51)Int.Cl.

F16C 19/36

(21)Application number : 2000-401677

(71)Applicant : NSK LTD

(22)Date of filing : 28.12.2000

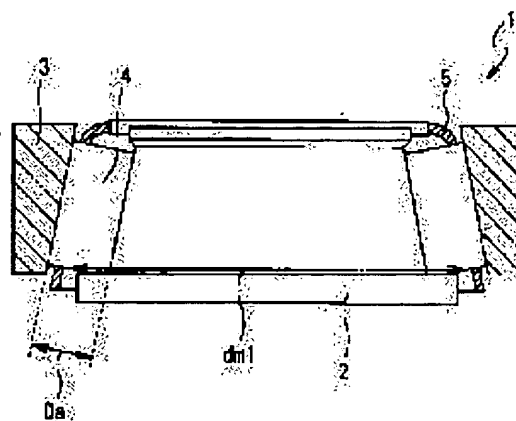
(72)Inventor : SEKINO KAZUO
OKITA SHIGERU

(54) ROLLING BEARING

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a rolling bearing having long life under severe environmental conditions such as mixture of foreign matters in lubricant.

SOLUTION: In a tapered roller bearing 1 comprised of an inner ring 2, an outer ring 3, and a plurality of rollers 4 rotatably arranged between the inner ring 2 and outer ring 3, a clearance rate KD of the rollers defined by the following expression is 1.3 to 1.7. $KD = (dm1 \times \pi) / (Z \times Da)$ Where dm1 is the diameter of a pitch circle of a greater diameter side of the roller 4, π is the ratio of the circumference of a circle to its diameter, Z is the number of the roller 4, and Da is the diameter of a large end of the roller.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-195255
(P2002-195255A)

(43) 公開日 平成14年7月10日 (2002.7.10)

(51) Int.Cl.⁷
F 1 6 C 19/36

識別記号

F I
F 1 6 C 19/36

データベース* (参考)
3 J 1 0 1

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2000-401677 (P2000-401677)

(22) 出願日 平成12年12月28日 (2000.12.28)

(71) 出願人 000004204

日本精工株式会社
東京都品川区大崎1丁目6番3号

(72) 発明者 関野 和雄

神奈川県藤沢市桐原町12番地 日本精工株式会社内

(72) 発明者 沖田 滋

神奈川県藤沢市鶴沼神明一丁目5番50号
日本精工株式会社内

(74) 代理人 100066980

弁理士 森 哲也 (外2名)

Fターム (参考) 3J101 AA13 AA25 AA32 AA42 AA54
AA62 FA31 FA46 GA01 GA11

(54) 【発明の名称】 転がり軸受

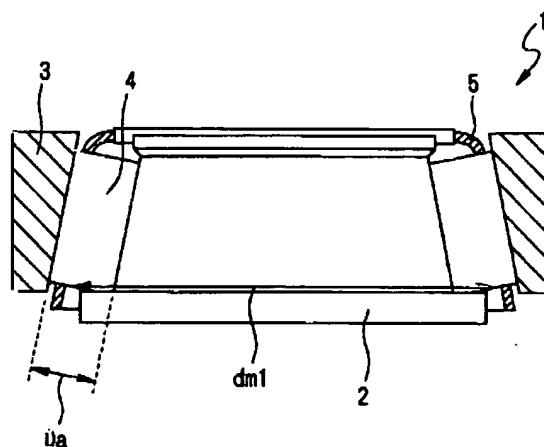
(57) 【要約】

【課題】 潤滑剤に異物が混入するような苛酷な環境下で使用されても長寿命な転がり軸受を提供する。

【解決手段】 内輪2と、外輪3と、内輪2と外輪3との間に転動自在に配設された複数のころ4と、を備えた円すいころ軸受1において、下記式で定義される転動体すきま率KDを1.3~1.7とした。

$$KD = (dm1 \times \pi) / (Z \times Da)$$

なお、dm1はころ4の大径側のピッチ円直径、 π は円周率、Zはころ4の個数、Daはころ4の大端径である。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 内輪と、外輪と、前記内輪と前記外輪との間に転動自在に配設された複数の転動体とを備えた転がり軸受において、下記式で定義される転動体すきま率KDを1.3～1.7としたことを特徴とする転がり軸受。

$$KD = (dm1 \times \pi) / (Z \times Da)$$

ここで、dm1は前記転動体のピッチ円直径(PCD)、 π は円周率、Zは前記転動体の個数、Daは前記転動体の直径である。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、長寿命な転がり軸受に係り、特に、転がり軸受内部の潤滑剤に異物が混入するような苛酷な環境下で使用されても長寿命で、自動車用トランスミッション等に好適に使用可能な転がり軸受に関する。

【0002】

【従来の技術】自動車用トランスミッションにおいては、該トランスミッション内で使用されるギヤ等から摩耗粉が発生して、トランスミッション用転がり軸受に使用される潤滑油中に混入しやすい。このような異物が潤滑油とともに転がり軸受内部に侵入すると、該異物の噛み込みによって軌道面や転動面に圧痕が生じて、転がり軸受の寿命が低下する。

【0003】すなわち、図7に示すように、内輪102及び外輪103と転動体(ころ)104との間に生じる接触楕円内に異物が噛み込まれると圧痕Aが生じる。この圧痕Aの周縁部には転走面102aより突出した凸部が形成されているため、転動体104の通過により該凸部に繰返し応力が加えられて(接触楕円内に発生する圧力の分布が局部的に極端に高くなって)転走面102aより剥離する(早期剥離を引き起こす)ことは良く知られている。

【0004】そのため、このような異物混入潤滑下において使用される転がり軸受の寿命は、清浄な潤滑油による潤滑下(以降は、清浄潤滑下と記す)において使用された場合と比較して、著しく低くなってしまふ。異物混入潤滑下において使用される転がり軸受の寿命に関する研究は、数多く行われていて、最近では、清浄潤滑下において使用される転がり軸受の寿命を算出するための内部起点型剥離に基づく寿命計算式に対して、異物混入潤滑下で使用される転がり軸受に発生する表面疲労型の損傷(早期剥離)も考慮した新しい寿命計算式も提案されている。

【0005】そして、このような異物混入潤滑下において使用される転がり軸受の長寿命化は、主として以下の2つの方法により行われている。まず、第一の方法は、転動体の個数を増やしたり転動体の径を大きくしたりすることによって、転がり軸受の基本動定格荷重を大きく

して、このことにより転がり軸受内部に発生する最大接触面圧を低下させる方法である。

【0006】そして、第二の方法は、軌道輪や転動体を構成する材料に、硬度の高い材料や残留オーステナイトがある程度残留している鋼を採用することにより、異物を噛み込むことによって生じる圧痕の周辺の応力集中を緩和する方法である。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、転がり軸受の使用条件等によって、異物の噛み込みにより生じる圧痕の大きさ、深さ、及び個数(すなわち、軸受の転走面における圧痕の面積率)は様々であるので、上記の2つの方法では不十分であった。なお、圧痕の面積率とは、転がり軸受の内外輪の転走面のうち圧痕の部分が占める面積の比率である。

【0008】また、前記第二の方法、すなわち、軌道輪や転動体を構成する材料を改良する方法はコストアップにつながるため、さらなる研究が必要である。そこで、本発明は、上記のような従来の転がり軸受が有する問題を解決し、潤滑剤に異物が混入するような苛酷な環境下で使用されても長寿命な転がり軸受を提供することを課題とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するため、本発明は次のような構成からなる。すなわち本発明の転がり軸受は、内輪と、外輪と、前記内輪と前記外輪との間に転動自在に配設された複数の転動体とを備えた転がり軸受において、下記式で定義される転動体すきま率KDを1.3～1.7としたことを特徴とする。

$$KD = (dm1 \times \pi) / (Z \times Da)$$

なお、該式中のdm1は前記転動体のピッチ円直径(PCD)、 π は円周率、Zは前記転動体の個数、Daは前記転動体の直径である。このような構成であれば、清浄な潤滑剤による潤滑下において使用された場合は勿論のこと、潤滑剤に異物が混入するような苛酷な環境下で使用されても長寿命である。

【0011】潤滑剤に異物が混入するような苛酷な環境下において転がり軸受を使用すると、該異物の噛み込みによって軌道面や転動面に圧痕が生じて、転がり軸受の寿命が低下する。本発明者らは、転がり軸受の転走面に生じた圧痕の数、すなわち転走面における圧痕の面積率と、転がり軸受の回転数、すなわち圧痕に対する応力繰返し数とが、前述の表面疲労型の損傷(早期剥離)の発生に関係があり、寿命に大きな影響を与えることを見出した。つまり、圧痕の面積率が小さくなるか又は応力繰返し数が少なくなると、圧痕に応力が作用する頻度が少なくなれば、転がり軸受が長寿命となるのである。

【0012】したがって、内外輪の軌道面の間に形成される軌道空間のうち、転動体が占める部分の比率が小さければ、基本動定格荷重が小さくなり圧痕が発生しにく

くなるとともに、応力繰返し数が少なくなるから、転がり軸受が長寿命となるのである。本発明においては、前述の軌道空間のうち転動体が占める部分の比率を、転動体すきま率KDによって表した。そして、転動体すきま率KDが1.3～1.7である場合に、清浄潤滑下において使用された場合は勿論のこと、異物混入潤滑下において使用された場合でも長寿命であることを見出した。

【0013】転動体すきま率KDが1.3未満であると、異物混入潤滑下において使用された場合の寿命が不十分となり、1.7超過であると、逆に清浄潤滑下において使用された場合の寿命が不十分となる。異物混入潤滑下において使用された場合の寿命をより長寿命とするためには、転動体すきま率KDは1.4～1.7とすることがより好ましい。

【0014】なお、転がり軸受を構成する部材（内輪、外輪、及び転動体）には、転がり軸受に通常使用される材料が問題なく使用可能であるので、コストアップにつながるということがないという効果も有している。

【0015】

【発明の実施の形態】本発明に係る転がり軸受の実施の形態を、図面を参照して詳細に説明する。図1は、本発明に係る転がり軸受の一実施形態である円すいころ軸受1の構成を説明する断面図である。なお、図1においては、外輪及び保持器を破断して示しており、また、ころの一部は図示を省略してある。

【0016】この円すいころ軸受1は、内輪2と、外輪3と、内輪2と外輪3との間に転動自在に配設されたころ4の複数と、複数のころ4を保持する保持器5と、を備えている。そして、ころ4の個数Z及び大端径Daと、ころ4の大径側のピッチ円直径dm1（円すいころ軸受1内の1列のころ4の大端径Daの中心を含む円の直径）とから、前記式により定義される転動体すきま率KDは、1.3～1.7となっている。

【0017】なお、内輪2、外輪3、ころ4は、一般的に軸受に用いられる種類の鋼で、それぞれ構成されており、その種類は特に限定されるものではない。このような円すいころ軸受1は、清浄な潤滑剤による潤滑下において使用された場合は勿論のこと、潤滑剤に異物が混入するような苛酷な環境下で使用されても長寿命である。

したがって、自動車用トランスミッション等に好適に使用可能である。勿論、自動車用トランスミッションに限らず、長寿命を要求される種々の装置にも使用可能である。

【0018】円すいころ軸受は、ころの個数を増減することによって軸受の基本動定格荷重を調整することができるから、前述のように、転動体の個数を増やし転がり軸受の基本動定格荷重を大きくすることによって、長寿命化が図られてきた。このような方法は、清浄潤滑下及び異物混入潤滑下において使用される円すいころ軸受に対して施されている。

【0019】しかしながら、本発明者らが異物混入潤滑下における円すいころ軸受の寿命を検討した結果、内外輪の転走面に生じた圧痕の面積率及びころの個数が、円すいころ軸受の寿命と密接な相関性がある、ころの個数を減じることにより内外輪の軌道面の間に形成される軌道空間にすきまを与えて、潤滑油が軸受内を通過しやすくと、すなわち、基本動定格荷重を大きくするという従来の考え方とは逆に、基本動定格荷重を小さくして圧痕の発生を抑制すると（圧痕の面積率が小さくなる）、円すいころ軸受が長寿命化することが明らかになった。

【0020】また、ころの個数を減じることにより内外輪の軌道面の間に形成される軌道空間にすきまを与えると、圧痕の発生が抑制されると同時に、生じた圧痕に作用する応力繰返し数を少なくすることができるから、このような作用によっても円すいころ軸受が長寿命化される。次に、上記と同様の構成の円すいころ軸受について、寿命試験を行った結果について説明する。

【0021】寿命試験に使用した軸受は、呼び番号L44649R/L44610R（外径50.292mm、内径26.988mm、幅14.224mm）の円すいころ軸受で、ころの個数Z、ころの大端径Da、ころの大径側のピッチ円直径dm1は表1に示す通りである。また、転動体すきま率KD及び基本動定格荷重は、表1の通りである。

【0022】

【表1】

	ピッチ円直径 dm1 (mm)	ころの個数 Z (個)	ころの大端径 Da (mm)	転動体すきま 率 KD	基本動定格荷重 (N)
実施例 1	40.556	18	5.883	1.20	27440
実施例 2	40.556	17	5.998	1.25	26558
実施例 3	40.556	16	6.112	1.30	26264
実施例 4	40.556	16	5.883	1.35	25088
実施例 5	40.556	15	6.055	1.40	24696
実施例 6	40.556	14	6.340	1.43	24696
実施例 7	40.556	14	6.283	1.45	24500
実施例 8	40.556	14	6.055	1.50	23520
実施例 9	40.556	14	5.883	1.55	22736
実施例 10	40.556	13	6.112	1.60	22442
実施例 11	40.556	12	6.455	1.64	22540
実施例 12	40.556	12	6.283	1.70	21854
比較例 1	40.556	19	6.397	1.05	31360
比較例 2	40.556	20	5.769	1.10	29008
比較例 3	40.556	18	6.283	1.13	29400
比較例 4	40.556	12	5.883	1.80	20188
比較例 5	40.556	10	6.340	2.01	19208

【0023】なお、円すいころ軸受を構成する転動部材（内外輪及び転動体）の素材はS U J 2であり、各々通常の加工と熱処理とを施してある。また、各転動部材の表面硬さはHRC 58～64の範囲であり、残留オーステナイト量は0～20%、表面粗さRaは、内外輪の軌道面が0.01～0.04 μ mで、転動体の転動面が0.05～0.10 μ mである。

【0024】寿命試験は、日本精工株式会社製の円すいころ軸受寿命試験機を用いて行い、清浄潤滑下及び異物混入潤滑下それぞれについて、基本定格寿命 L_{10} （10⁶回転）を測定した。その結果を表2に示す。

【0025】

【表2】

	清浄潤滑下		異物混入潤滑下	
	圧痕の面積率 (%)	寿命 (hr)	圧痕の面積率 (%)	寿命 (hr)
実施例 1	0	1000	21.7	311
実施例 2	0	1000	22.0	326
実施例 3	0	1000	22.9	362
実施例 4	0	951	22.5	354
実施例 5	0	914	22.1	389
実施例 6	0	923	21.9	421
実施例 7	0	852	21.0	413
実施例 8	0	799	20.9	398
実施例 9	0	767	21.7	382
実施例 10	0	751	20.4	379
実施例 11	0	728	12.5	349
実施例 12	0	704	13.2	345
比較例 1	0	1000	32.7	45
比較例 2	0	1000	33.0	40
比較例 3	0	1000	31.9	52
比較例 4	0	381	11.7	253
比較例 5	0	349	10.8	234

【0026】寿命は以下のようにして決定した。寿命試験中の軸受の振動値が初期振動値の2倍となった時点で試験を中断し、転走面に剥離が生じていれば試験を終了した。そして、1種の軸受につき10個を試験して、ワイブル分布関数により10個の軸受のうち短寿命側から10%の軸受に剥離が発生するまでの総回転時間を求め、これを寿命とした。

【0027】なお、最長試験時間は、計算寿命の約4倍である1000時間とし、そこで試験を打ち切った(表2において寿命が1000時間となっているものは、試験が打ち切られたものである)。また、剥離が生じていた軸受については、どの軸受も内輪及び外輪の軌道面に剥離が生じていた。

【0028】試験条件を以下に示す。

- ・試験荷重： $P/C=0.32$ (P : 動等価荷重、 C : 基本動定格荷重)
- ・軸受回転数： $N=3000\text{rpm}$
- ・試験温度： 50°C
- ・潤滑油：日石三菱株式会社製、タービンオイルVG6

・計算寿命：250時間

なお、異物混入潤滑下における寿命の測定は、異物を混入した潤滑剤を用いて寿命試験を行うのではなく、圧痕付け装置により転走面に圧痕を形成させた軸受を用いて、通常の清浄潤滑下における寿命試験を行うことにより測定した。

【0029】ここで、図2に示すような圧痕付け装置により、円すいころ軸受の転走面に圧痕を形成する方法を説明する。円すいころ軸受1の外輪3を圧痕付け装置のハウジング10の内周面に内嵌するとともに、内輪2を軸11に外嵌し、ハウジング10の内側に異物14を入れた状態で、これらハウジング10と軸11とを相対回転させる。このとき、円すいころ軸受1には、アキシャル荷重及びラジアル荷重の合成荷重を負荷する。

【0030】この相対回転に伴って、ハウジング10から円すいころ軸受1に向かう潤滑油の流れが、ポンプ翼12によって惹起される。この結果、異物14が、潤滑油の流れに乗って円すいころ軸受1の内側を通過しつつ流れ、通過後はハウジング10外に排出される。つまり、ハウジング10の内側に入れられた総ての異物14

は、一度だけ円すいころ軸受1の内側を通過する。このため、円すいころ軸受1内部を通過する異物14の量は一定に規制されるから、転動面及び軌道面（内輪軌道及び外輪軌道）に形成される圧痕の数を定量的に規制でき

- ・装置名 : 小型圧痕付け試験装置
- ・試験荷重 : $P/C=0.32$
- ・軸受回転時間 : 5分
- ・軸受回転数 : 3000rpm
- ・試験温度 : 50℃
- ・潤滑油 : 日石三菱株式会社製、タービンVG68
- ・混入した異物 : セメント系鉄粉
- ・異物量 : 0.3g
- ・異物の大きさ : $74\sim147\mu\text{m}$
- ・異物のビッカース硬さ : Hv870

圧痕を形成した円すいころ軸受の圧痕の面積率を、表2に示す。なお、圧痕の面積率は、光干渉を利用した三次元形状測定機（菱化システム社製）を用いて測定したものである。なお、軸受1個につき3箇所測定し、軸受10個の平均をその種の軸受の圧痕の面積率とした。

【0032】次に、寿命試験の結果について考察する。まず、清浄潤滑下における寿命試験の結果について考察する。表2の結果から分かるように、実施例1～12の軸受の寿命は、ころの個数の減少、すなわち、基本動定格荷重の低下に伴って寿命が低下するという傾向があった。これは、軌道面に発生する最大接触面圧が大きくなるにしたがって、軸受が短寿命となるということを示したものである。

【0033】また、比較例1～5の軸受の寿命を見ると、比較例1～3は、ころの個数が多く基本動定格荷重が大きいため長寿命となり、比較例4、5は、基本動定格荷重が小さいため非常に短寿命であった。次に、異物混入潤滑下における寿命試験の結果について考察する。実施例1～8の軸受については、軸受転走面の圧痕の面積率はほぼ同レベルで、ころの個数が少なくなるのにしたがって長寿命となる傾向を示した。

【0034】また、実施例9～12の軸受は、ころの個数の減少とともに、圧痕の面積率が低下し、寿命も若干低下する傾向を示した。これは、圧痕の面積率は低下しているものの軸受に発生する面圧が上昇したので、圧痕に加わる応力が大きくなったためであると考えられる。このように、清浄潤滑下における寿命は基本動定格荷重に依存しており、つまり、転動体の個数の減少や転動体のサイズアップにより基本動定格荷重を大きくすると軸受は長寿命となり、これは従来から知られていた。

【0035】ところが、異物混入潤滑下においては、転動体の個数の減少とともにある範囲までは長寿命の結果を示すが、その範囲を外れると寿命が低下する傾向が見られた。そこで、ころの大径側のピッチ円直径 d_{m1} と、ころの個数 Z と、ころの大端径 D_a とを下記式に代入して算出される転動体すきま率 KD を用いて、軸受の

る。

【0031】以下に、圧痕付け装置による圧痕形成条件を示す。

寿命を整理しグラフ化した。なお、 π は円周率である。

$$【0036】KD = (d_{m1} \times \pi) / (Z \times D_a)$$

図3のグラフは、清浄潤滑下における寿命と転動体すきま率 KD との相関性を示すものであり、図4のグラフは、異物混入潤滑下における寿命と転動体すきま率 KD との相関性を示すものである。まず、図3のグラフを参照しながら、清浄潤滑下における寿命と転動体すきま率 KD との相関性を検討する。

【0037】図3のグラフから、転動体すきま率 KD が大きくなるにしたがって寿命が低下する傾向があることが分かる。これは、転動体すきま率 KD が大きくなると、すなわち、ころの個数が減少すると、基本動定格荷重が小さくなって軸受転走面に発生する最大接触面圧が大きくなるのが原因であると考えられる。次に、図4のグラフを参照しながら、異物混入潤滑下における寿命と転動体すきま率 KD との相関性を検討する。

【0038】実施例1～8の軸受は、転動体すきま率 KD が大きくなるにしたがって長寿命となる傾向を示した。これは、圧痕の面積率がほぼ同レベルであるから、転動体すきま率 KD が大きくなるにしたがって圧痕に対して繰り返し応力が作用する頻度が減少することが原因であると考えられる。そして、実施例9～12に関しては、軸受転走面の圧痕の面積率は徐々に低下していくに関わらず、寿命は若干低下する傾向を示した。これは、軸受の基本動定格荷重が小さくなることに伴って、寿命に対する最大接触面圧の影響が上昇がしたためと考えられる。

【0039】また、比較例1～3に関しては、転動体すきま率 KD が小さいため短寿命の結果を示した。これは、圧痕の面積率が高いことに加えて、ころの個数が多く、結果的に圧痕に対して繰り返し応力が作用する頻度が増加したためである。逆に、比較例4、5に関しては、転動体すきま率 KD が大きいため比較的寿命が短かった。これは、圧痕の面積率は小さくころの個数も少ないが、軸受内の最大接触面圧の上昇が影響したためと考えられる。

【0040】このように、転動体すきま率KDが大きいと、清浄潤滑下において使用された場合の寿命が低下し、逆に小さいと異物混入潤滑下において使用された場合の寿命が低下する。よって、図3、4のグラフから分かるように、転動体すきま率KDを1.3～1.7とすれば、より好ましくは1.4～1.7とすれば、いずれの条件下において使用された場合でも長寿命となる。

【0041】次に、上記円すいころ軸受とはサイズの異なる円すいころ軸受を使用して、同様の寿命試験を行った結果について説明する。なお、軸受の材質、寿命試験

方法、圧痕を付ける方法等、前記の寿命試験と同様の部分については、説明は省略する。寿命試験に使用した軸受は、呼び番号HR32017（外径130mm、内径85mm、幅29mm）の円すいころ軸受で、ころの個数Z、ころの大端径Da、ころの大径側のピッチ円直径dm1は表3に示す通りである。また、転動体すきま率KD及び基本動定格荷重は、表3の通りである。

【0042】

【表3】

	ピッチ円直径 dm1 (mm)	ころの個数Z (個)	ころの大端径 Da (mm)	転動体すきま 率KD	基本動定格荷重 (N)
実施例13	113.45	26	11.409	1.20	138000
実施例14	113.45	24	11.856	1.25	137000
実施例15	113.45	24	11.409	1.30	130000
実施例16	113.45	22	11.968	1.35	129000
実施例17	113.45	21	12.080	1.40	126000
実施例18	113.45	20	12.415	1.43	126000
実施例19	113.45	20	12.304	1.45	125000
実施例20	113.45	20	11.856	1.50	119000
実施例21	113.45	20	11.409	1.56	114000
実施例22	113.45	19	11.744	1.60	113000
実施例23	113.45	18	12.080	1.64	113000
実施例24	113.45	18	11.744	1.70	109000
比較例6	113.45	27	12.527	1.05	160000
比較例7	113.45	28	11.521	1.10	148000
比較例8	113.45	26	12.080	1.13	148000
比較例9	113.45	17	11.632	1.80	103000
比較例10	113.45	16	11.185	1.99	94000

【0043】寿命試験の結果を表4に示し、そして、その結果（軸受の寿命）を転動体すきま率KDを用いて整理しグラフ化したものを図5、6に示す。なお、図5のグラフは、清浄潤滑下における寿命と転動体すきま率KDとの相関性を示すものであり、図6のグラフは、異物

混入潤滑下における寿命と転動体すきま率KDとの相関性を示すものである。

【0044】

【表4】

	清浄潤滑下		異物混入潤滑下	
	圧痕の面積率 (%)	寿命 (hr)	圧痕の面積率 (%)	寿命 (hr)
実施例13	0	1000	17.8	311
実施例14	0	1000	17.4	326
実施例15	0	1000	18.3	351
実施例16	0	971	17.9	366
実施例17	0	926	17.5	381
実施例18	0	914	17.4	419
実施例19	0	873	16.8	408
実施例20	0	816	16.7	402
実施例21	0	774	17.4	386
実施例22	0	761	16.3	379
実施例23	0	649	10.1	347
実施例24	0	611	10.6	339
比較例6	0	1000	28.2	61
比較例7	0	1000	29.4	46
比較例8	0	1000	26.6	67
比較例9	0	378	9.45	214
比較例10	0	337	8.84	192

【0045】表4及び図5、6から分かるように、清浄潤滑下、異物混入潤滑下の両条件ともに、前述の試験結果と全く同様の傾向を示した。すなわち、前述の試験に用いた軸受よりサイズの大きい軸受を使用した場合でも、寿命試験の傾向は同様であった。まず、図5のグラフを参照しながら、清浄潤滑下における寿命と転動体すきま率KDとの相関性を説明する。

【0046】図5のグラフから、転動体すきま率KDが大きくなるにしたがって寿命が低下することが分かる。これは、図3のグラフの場合と同様に、転動体すきま率KDが大きくなると、すなわち、ころの個数が減少すると、基本動定格荷重が小さくなって軸受転走面に発生する最大接触面圧が大きくなるのが原因であると考えられる。

【0047】次に、図6のグラフを参照しながら、異物混入潤滑下における寿命と転動体すきま率KDとの相関性を説明する。実施例13～20の軸受は、転動体すきま率KDが大きくなるにしたがって長寿命となる傾向を示した。これは、図4の場合と同様に、圧痕の面積率はほぼ同レベルであるから、転動体すきま率KDが大きく

なるにしたがって圧痕に対して繰り返し応力が作用する頻度が減少することが原因であると考えられる。

【0048】そして、実施例21～24に関しては、軸受転走面に発生する圧痕の面積率は徐々に低下していくに関わらず、寿命は若干低下する傾向を示した。これは、軸受の基本動定格荷重が小さくなることに伴って、寿命に対する最大接触面圧の影響が上昇したためと考えられる。また、比較例6～8に関しては、転動体すきま率KDが小さいため短寿命の結果を示した。これは、圧痕の面積率が大きいことに加えて、ころの個数が多く、結果的に圧痕に対して繰り返し応力が作用する頻度が増加したためである。

【0049】逆に、比較例9、10に関しては、転動体すきま率KDが大きいため比較的寿命が短かった。これは、圧痕の面積率は少なくころの個数も少ないが、軸受内の最大接触面圧の上昇が影響したためと考えられる。このように、前述のサイズが小さい軸受の場合と同様に、転動体すきま率KDが大きいと、清浄潤滑下において使用された場合の寿命が低下し、逆に小さい異物混入潤滑下において使用された場合の寿命が低下する。よ

って、図5、6のグラフから分かるように、転動体すきま率KDを1.3～1.7とすれば、より好ましくは1.4～1.7とすれば、いずれの条件下において使用された場合でも長寿命となる。

【0050】以上説明したサイズの異なる2種の軸受を用いた寿命試験結果から分かるように、軸受の寿命は、軸受転走面に発生した圧痕に対して繰り返し応力が作用する頻度と、最大接触面圧の大きさと、の影響を受けている。よって、上記2つの要素、すなわち、圧痕に対して繰り返し応力が作用する頻度、及び最大接触面圧の大きさの指標となる転動体すきま率KDを、適切な値に規定することにより、軸受転走面に発生する圧痕の面積率に関わらず、優れた寿命が得られるものと考えられる。

【0051】なお、本実施形態は本発明の一例を示したものであって、本発明は本実施形態に限定されるものではない。例えば、本実施形態においては、転がり軸受として円すいころ軸受を例示して説明したが、本発明の転がり軸受は、他の種類の様々な転がり軸受に対して適用することができる。例えば、深みぞ玉軸受、アンギュラ玉軸受、円筒ころ軸受、自動調心ころ軸受等のラジアル形の転がり軸受や、スラスト玉軸受、スラストころ軸受等のスラスト形の転がり軸受である。

【0052】本実施形態の円すいころ軸受1においては、転動体すきま率KDを算出するための転動体の直径Daには、ころ4の大端径を用い、ピッチ円直径dm1には、ころ4の大径側のピッチ円直径（円すいころ軸受1内の1列のころ4の大端径の中心を含む円の直径）を用いた。しかし、転がり軸受が玉軸受である場合には、転動体の直径Daには玉の直径を用い、ピッチ円直径dm1には、玉軸受内の1列の玉の中心を含む円の直径を用いるとよい。

【0053】また、転がり軸受が円筒ころ軸受である場合には、転動体の直径Daには円筒ころの直径を用い、

ピッチ円直径dm1には、円筒ころ軸受内の1列の円筒ころの中心を含む円の直径を用いるとよい。さらに、転がり軸受が自動調心ころ軸受である場合には、転動体の直径Daには球面ころの最大径を用い、ピッチ円直径dm1には、自動調心ころ軸受内の1列の球面ころの最大径の中心を含む円の直径を用いるとよい。

【0054】

【発明の効果】以上のように、本発明の転がり軸受は、清浄潤滑下においては勿論のこと、内部に異物が混入して転走面に圧痕が生じるような環境において使用されても長寿命な転がり軸受である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る転がり軸受の一実施形態である円すいころ軸受の構成を説明する断面図である。

【図2】圧痕付け装置の構成を説明する断面図である。

【図3】清浄潤滑下における転動体すきま率KDと軸受の寿命との相関を示すグラフである。

【図4】異物混入潤滑下における転動体すきま率KDと軸受の寿命との相関を示すグラフである。

【図5】清浄潤滑下における転動体すきま率KDと軸受の寿命との相関を示すグラフである。

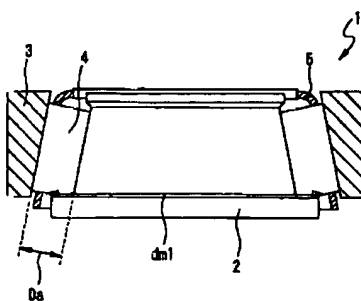
【図6】異物混入潤滑下における転動体すきま率KDと軸受の寿命との相関を示すグラフである。

【図7】円すいころ軸受の転走面に生じた圧痕を説明する概念図である。

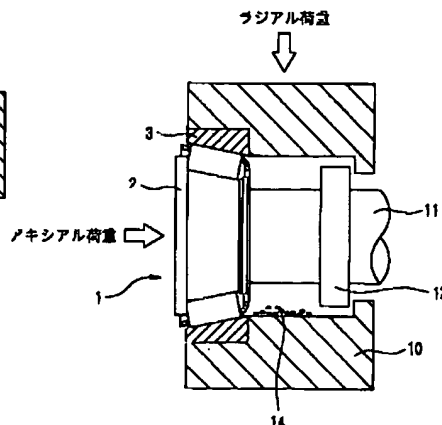
【符号の説明】

- 1 円すいころ軸受
- 2 内輪
- 3 外輪
- 4 ころ
- Da ころの大端径
- dm1 ころの大径側のピッチ円直径

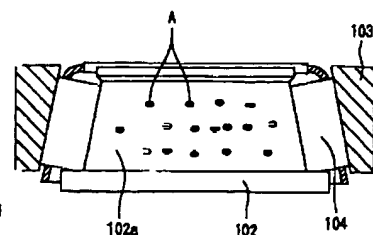
【図1】



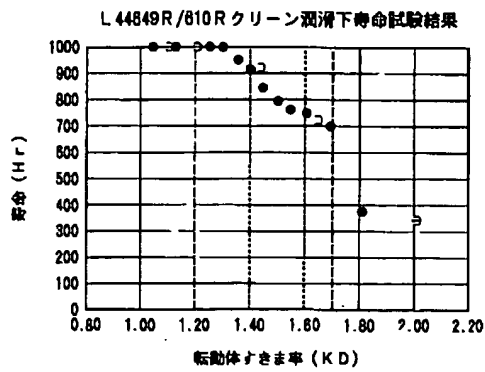
【図2】



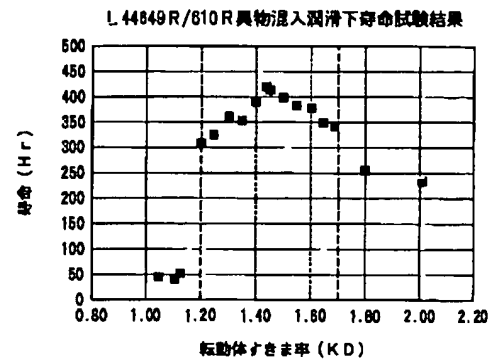
【図7】



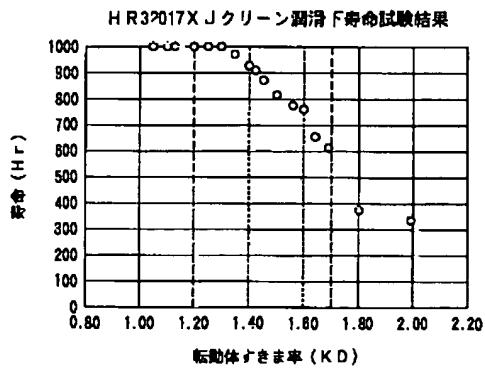
【図3】



【図4】



【図5】



【図6】

